

О.М. Шаповалов, В.Я. Жиляков, А.В. Пилипенко

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

ВИКОРИСТАННЯ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННОГО ПЕРЕКРИТТЯ ПІСЛЯ ПОЖЕЖІ

В статті розглядаються питання раціонального використання будівельних конструкцій, які опинились в зоні високих температур внаслідок пожежі, але не зруйнувались повністю, а мають ще певні можливості для подальшого використання. Зокрема, розглянуті питання визначення залишкового $\gamma\%$ -ресурсу, що дозволяє прогнозувати можливість використання не окремих елементів сталезалізобетонного перекриття, а його в цілому. Такий підхід може значно знизити вартість робіт по капітальному ремонту перекриття після пожежі, при цьому не виключаються роботи по відновленню деяких конструкцій, але загальний об'єм робіт буде суттєво зменшений.

Ключові слова: залишковий $\gamma\%$ -ресурс, сталезалізобетон, пожежа, несуча здатність, вплив пожежі, міцність конструкцій.

Актуальність проблеми

Серед існуючих надзвичайних ситуацій, які призводять до значних матеріальних та економічних втрат, а також людських жертв, належать в першу чергу руйнівні землетруси та пожежі.

В останні роки в Україні кількість пожеж неухильно зростає із року в рік. Впродовж тільки 8 місяців 2019 року в Україні було зареєстровано 66168 пожеж, що у порівнянні з аналогічним періодом минулого 2018 року більше на 22,1% [1,2].

За першу половину 2019 року найбільша кількість пожеж відбулася в Київській області 5093, Дніпропетровській області 4149, в Одеській 3467.

Кожен день в Україні горять 72 будівлі і споруди, які мають житлове, громадське або промислове значення, а також 12 одиниць техніки, при цьому гине в середньому 6 чоловік та 4 отримують важкі травми. Усього з початку року на усіх пожежах загинуло 1009 чоловік, серед яких 28 дітей [2].

В зв'язку з цими обставинами виникає гостра необхідність у проведенні відбудови капітального ремонту та реконструкції тих об'єктів, які можуть продовжити існування з існуючим призначенням та при цьому забезпечується надійність і безпека експлуатації будівлі. Одноразові витрати на відновлення та реконструкцію постраждалого об'єкту значно менше у порівнянні з одноразовими витратами на нове будівництво.

Під час усього періоду тривання пожежі можливі різні наслідки впливу високої температури на будівельні конструкції [3,4,5]. Це можливий руйнівний вплив, коли конструкція не придатна до

подальшого використання, це можливий середній вплив, коли конструкція після детального обстеження може бути використана з необхідним ремонтом або підсиленням, це може бути поверхневий вплив, коли конструкція не зазнала значних пошкоджень і може бути використана за прямим призначенням після пожежі.

При значній кількості пожеж та катастрофічних наслідках від їхньої дії виникає дуже актуальне питання: як мінімізувати витрати на відновлення усієї будівлі або частини її, що постраждала від впливу високої температури.

Попереджуючі та профілактичні заходи у вигляді протипожежної сигналізації та використання автоматичних систем гасіння пожежі не завжди дають очікуваний результат і не забезпечують надійний захист несучих будівельних конструкцій від впливу пожежі [3,4,5].

Аналіз останніх досліджень та публікацій

У багатьох науково-дослідницьких роботах та теоретичних розрахунках відносно оцінювання наслідків пожежі розглядаються в основному питання впливу температурного режиму на міцність та деформативні характеристики окремих матеріалів: деревини, бетону, металу, каменя, пластмаси і таке інше [6,7,8]. При цьому враховуються температурні режими від 100°C до 1400°C.

В роботах А.М. Зайцева, Р.Р. Хаматова, І.Л. Мосалкова та інших [7,8,9] розглядаються питання вогнестійкості металевих, залізобетонних, дерев'яних, кам'яних та пластмасових конструкцій при різних високих температурах та тривалості дії пожежі. Використовуються певні моделі для

металевих та залізобетонних конструкцій з врахуванням захисних шарів облаштування цих конструкцій, зокрема, з точки зору теплотехнічного аналізу ці конструкції можна уявити у вигляді двошарової пластини. Пропонується математичне трактування цієї задачі та її аналітичне рішення.

Поряд з цим А.І. Яковлевим [7] розроблені розрахункові формули для приведення сталених облицьованих колон до двошарової пластини; отримані графіки прогріву сталених пластин різної товщини. Ці графіки інколи використовуються в практичних задачах при захисті металоконструкцій від пожежі.

Поряд з цим в приведених роботах немає систематичного аналізу впливу пожежі на окрему ділянку будівлі або загалом на усю будівлю. В процесі розвитку пожежі на ряді будівель не всі конструкції однаково зазнають впливу високих температур, деякі конструкції значно перегріваються, а деякі тільки частково. Виникає логічне питання: як оцінити загальну спроможність будівлі або частини її (перекриття, стіни, каркаси) сприймати зовнішнє навантаження з безпекою для подальшої експлуатації?

Нормативні документи [3,4,5,9] зосереджуються тільки на обстеженні конструкцій та виробленні рекомендацій щодо усунення дефектів і підсиленню окремих пошкоджених конструкцій. Загальна оцінка будівлі не виконується з точки зору можливої безпечної експлуатації з урахуванням резерву несучої здатності. В окремих дослідженнях пропонується підсилення деяких елементів з урахуванням ступеня пошкодження шляхом збільшення перерізу, зміни статичної схеми роботи конструкції або використання різних композитних матеріалів, зокрема, вуглеволоконистих стрічок [11,12,13]. При цьому підсилення виконується не диференційовано, а підряд усіх елементів, які потрапили в зону впливу високих температур. А в деяких випадках просто пропонується знесення конструктивних елементів з заміною їх на нові або знесення усієї будівлі [13]. З економічної точки зору, а також з врахуванням існуючої залишкової несучої спроможності конструкцій такий підхід не зовсім раціональний. Потрібні в кожному випадку всебічні інструментальні дослідження з використанням сучасного обладнання для оцінки міцності пошкоджених конструкцій та прогнозування їх використання після проведення капітального ремонту будівлі.

Поряд із дослідженнями дерев'яних, металевих, залізобетонних, кам'яних та інших конструкцій зовсім обмаль досліджень сталезалізобетонних конструкцій, які потрапляють в зону інтенсивної пожежі. Вплив високих температур в діапазоні 500°C-700°C на залізобетонні

конструкції зовсім інший, ніж на сталені конструкції. А якщо аналізувати сумісну роботу цих двох матеріалів в сталезалізобетоні під час пожежі, то виявляється, що сталені конструкції отримують певний захист від впливу високих температур, і їхня несуча здатність до певного рівня зберігається. Особливо це можна прослідкувати у сталезалізобетонних переkritтях, коли залізобетонні монолітні плити знаходяться поверх несучих металевих балок. Дещо гірша ситуація складається, коли монолітна залізобетонна плита знаходиться в нижній частині переkritтя. Однак і в цьому випадку сталезалізобетонне переkritтя протидіє вогневному впливу в більшій мірі, ніж кожний матеріал окремо.

Мета проведення досліджень

В даній роботі було поставлене завдання оцінити вплив пожежі в реальній громадській будівлі на сталезалізобетонне переkritтя горища, оцінити ступінь пошкодження цього переkritтя, провести інструментальні та лабораторні дослідження несучої здатності окремо сталених балок та монолітної залізобетонної плити для усього переkritтя, площа якого складає понад 1628 м².

Необхідно було знайти резерв несучої здатності переkritтя, щоб його не демонтувати, бо будівля відноситься до архітектурних пам'яток міста. При цьому використовувалась теорія ймовірності з використанням гамма-відсоткового ресурсу несучої спроможності сталених двотаврових балок на найближчі 40÷50 років. Поряд з цим запропоновані інженерні методи виправлення деяких максимально пошкоджених пожежею балок без їхнього демонтування. Виконані теоретичні розрахунки та проведені дослідження повинні мати практичне значення для цілого ряду об'єктів громадського і промислового призначення, які не були повністю зруйновані пожежею.

Виклад основного матеріалу

В серпні 2017 року внаслідок враження блискавкою зайнялась пожежею покрівля нежитлової будівлі Харківського апеляційного адміністративного суду. Надалі пожежа розповсюдилась на все горище, яку було виконане із несучих дерев'яних конструкцій. Поряд з вигоранням покрівельної бітумної черепиці повністю згоріли крокви, підкоси, маурлати, дощатий настил, нижні зв'язкові балки та інші елементи.

Висока температура пожежі, яка досягала на окремих ділянках 600°C-700°C, зчинила несприятливий вплив на несучі конструкції горищного переkritтя, що складалось з металевих прокатних двотаврових балок №30, між якими

влаштоване монолітне залізобетонне перекриття завтовшки $90 \div 120$ мм. Тривалість пожежі складала $2 \div 2,5$ години, на окремих ділянках до 3х годин.

Загальний вигляд будівлі, яка зазнала пожежі, приведений на рис.1.



Рис.1. Загальний вигляд будівлі апеляційного адміністративного суду

Ця будівля є пам'яткою архітектури місцевого значення, початковий рік її будівництва 1850-1852. Цільове призначення двоповерхової будови було спочатку для духовної семінарії. Потім ця будова змінювалась в конструктивному відношенні, надбудовувалась, розширювалась, подовжувалась, змінювалось також використання існуючих приміщень.

В останні роки 2000-2017 в ній розміщувався Харківський апеляційний адміністративний суд.

В умовах, що склалися після пожежі, треба було визначитись про ступінь пошкодження несучих конструкцій перекриття і знайти рішення, яке дозволило б зберегти існуюче горіщне перекриття і забезпечити необхідну надійність його експлуатації.

Також варто зазначити, що історична та архітектурна цінність будівлі потребує її максимальне збереження поряд з необхідністю проведення комплексу теоретичних розрахунків та розробки практичних технологічних рекомендацій щодо відновлення і підвищення довговічності будівлі з урахуванням резерву несучої здатності у постраждалих елементах. Тому потрібно було виконати детальне обстеження конструкцій перекриття у відповідності до нормативних документів [3,4,5,9], визначити їхній технічний стан, розробити рекомендації щодо збереження основних несучих елементів, не припускаючи ризиків експлуатації цих конструкцій на заплановану перспективу.

Загальний вид перекриття після пожежі та зачищення шарів теплоізоляції наведений на рис.2.



Рис.2. Загальний вигляд горіщного перекриття після розчищення

На ньому чітко видні двотаврові балки та монолітні плити, які разом складають сталезалізобетонне перекриття. Конструктивне рішення перекриття до виникнення пожежі приведені на рис.3.

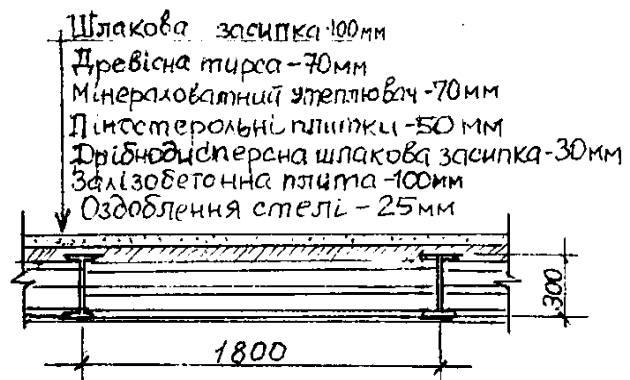


Рис.3. Склад горіщного перекриття

Слід зазначити, що шари мінераловатної теплоізоляції та полістерольні плити і шлакова засипка дещо зменшили вплив високої температури на несучі металеві балки, але повністю їх не захистили. Можна теоретично вважати, що зниження температури сягало $100-150^{\circ}\text{C}$.

Після проведення комплексу робіт з обстеження технічного стану горіщного перекриття були визначені основні дефекти в ньому внаслідок впливу високої температури пожежі.

До складу основних дефектів були віднесені:

а) деформації несучих металевих балок; б) поверхневе руйнування захисного шару бетону монолітних залізобетонних плит; в) руйнування цегляних вентиляційних каналів та сантехнічного обладнання; г) руйнування (часткове) верхніх шарів мурування стін, які виходили на поверхню горіща.

Серед цих дефектів найбільш вагомими слід вважати деформації двотаврових несучих металевих балок перекриття. План усіх металевих балок наведений на рис.4.

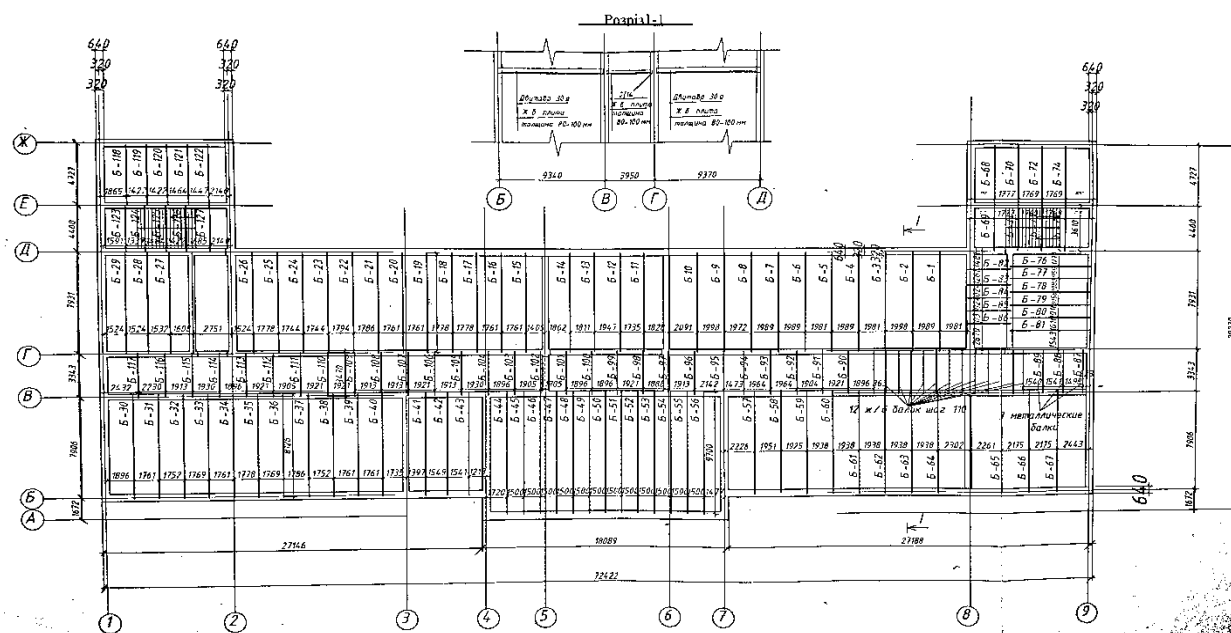


Рис.4. План балок горіщного перекриття

Відповідно до цього плану металеві балки перекривають різні прольоти по довжині. Основними прольотами для балок слугують розміри 9,6 м; 11,4 м; 5,5 м; 3,95 м. Усього по перекриттю було обстежено 127 балок. Найбільшу увагу приділялось балкам з прольотами 9,6 м та 11,5 м, тому що вони складають більшість конструкцій, які перекривають головні приміщення третього поверху. Під час обстеження цих балок були визначені їхні прогини, загальні деформації у поздовжній площині та стан стиків, які були влаштовані під час будівництва, а також стан поверхні в полицях та ребрах.

Поряд з цим необхідно було визначити міцнісні параметри металевих балок та їх хімічний склад сталі після впливу на них високих температур пожежі. Для цього були вирізані лабораторні зразки розміром 20×200 мм з тих балок, які найбільше продеформувались під час пожежі та випробувані на розтяг на розривному пресі МР-1000.

Межа плинності (текучості) для зразків складала від 2114 кг/см² (211,4 МПа) до 2397 кг/см² (239,7 МПа), тимчасовий опір, межа міцності, від 347,8 МПа до 378,5 МПа. Ці показники відповідають сталі класу С235, що характеризує в минулому сталь Ст3 та Ст2.

Хімічний склад сталі, яка була використана для несучих металевих двотаврових балок, визначався на двох зразках 30×30 мм, товщиною 8 мм.

Випробування відбувалось на спектровимірювальному обладнанні ДП „Український науково-технічний центр металургійної промисловості „Енергосталь” (м. Харків). На основі цих досліджень встановлено, що сталь відноситься до маловуглецевих киплячих з

вміщенням вуглецю від 0,124 до 0,222. Ці показники характерні для сталі марок Ст2 кп та Ст3 кп [10].

Отримані результати засвідчили, що металеві балки не втратили суттєво своїх міцностних параметрів і можуть за певних умов (зменшення навантаження або підсилення) використовуватись в якості несучих елементів.

Одночасно визначалась міцність бетону монолітних залізобетонних плит, укладених на нижні полиці двотаврових балок. Міцність визначалась неруйнівним методом за допомогою приладу склерометра „ОНИКС-2.5” на 8 майданчиках по усій поверхні перекриття. Проведені дослідження показали, що міцність бетону знаходиться в межах класу С12/15÷ С16/20, що відповідає марці бетону в минулому М200÷М250. Така міцність достатня, щоб сприймати зовнішнє навантаження на перекриття.

Таким чином, виконані обстеження та лабораторні дослідження засвідчили, що стале залізобетонне перекриття спроможне сприймати навантаження від власної ваги та тимчасових навантажень після високотемпературного впливу пожежі.

Залишається проблемним питання визначення резерву несучої здатності перекриття без проведення відновлювальних робіт. Цю проблему можна вирішувати, використовуючи існуючі методи теорії надійності, включаючи закони розподілення випадкових величин, до складу яких можуть увійти змінні навантаження та змінні міцнісні характеристики матеріалів.

В нашому випадку досліджується γ- ресурс несучої здатності перекриття, виходячи з існуючого стану пошкоджених конструкцій.

В якості змінних параметрів розглядаються параметри, які залишилися від впливу пожежі на несучі металеві балки перекриття. Найбільш виразним параметром в цьому разі буде прогин балок, який вони отримали від високотемпературного впливу.

В таблиці 1 приведені значення прогинів та їхнє відношення до прольоту найбільш розповсюджених балок (54 балки) зі значенням прогону $l = 960$ см. Для визначення γ - ресурсу використана методика, яка викладена в літературних джерелах [14,15].

Таблиця 1

Прогини балок від власної ваги та ваги з/б плит

№ балки	Проліт (см)	Прогин (см)	Відносний прогин	№ балки	Проліт (см)	Прогин (см)	Відносний прогин
Б-1	940	1,5	1/627	Б-43	960	1,6	1/600
Б-2	940	2,1	1/448	Б-44	1146	2,0	1/573
Б-3	940	1,1	1/855	Б-45	1146	2,6	1/440
Б-4	940	4,5	1/209	Б-46	1146	3,1	1/369
Б-5	940	8,0	1/117	Б-47	1146	2,1	1/545
Б-6	940	1,0	1/940	Б-48	1146	2,0	1/573
Б-7	940	1,5	1/627	Б-49	1146	3,0	1/382
Б-8	940	1,2	1/783	Б-50	1146	2,7	1/724
Б-9	940	1,5	1/627	Б-51	1146	3,0	1/382
Б-10	940	1,1	1/855	Б-52	1146	3,0	1/382
Б-11	940	1,0	1/940	Б-53	1146	1,6	1/716
Б-12	940	1,5	1/627	Б-54	1146	1,5	1/764
Б-13	940	14,1	1/67	Б-55	1146	2,2	1/520
Б-14	940	2,5	1/376	Б-56	1146	3,1	1/369
Б-15	940	1,2	1/783	Б-57	960	3,5	1/274
Б-16	940	1,3	1/723	Б-58	960	5,0	1/192
Б-17	940	2,1	1/448	Б-59	960	2,2	1/436
Б-18	940	1,5	1/627	Б-60	960	2,6	1/369
Б-19	940	2,5	1/376	Б-61	960	2,6	1/369
Б-20	940	1,1	1/855	Б-62	960	2,7	1/355
Б-21	940	0,6	1/1567	Б-63	960	2,0	1/480
Б-22	940	3,1	1/303	Б-64	960	1,2	1/800
Б-23	940	4,0	1/235	Б-65	960	3,1	1/309
Б-24	940	3,2	1/293	Б-66	960	2,6	1/369
Б-25	940	1,2	1/783	Б-67	960	3,2	1/300
Б-26	940	1,1	1/855	Б-68	556	1,8	1/309
Б-27	940	14,5	1/64	Б-69	440	0,8	1/550
Б-28	940	5,2	1/180	Б-70	556	0,5	1/1112
Б-29	940	1,3	1/723	Б-71	440	0,4	1/1100
Б-30	960	1,1	1/872	Б-72	556	1,8	1/309
Б-31	960	2,5	1/384	Б-73	440	0,3	1/1470
Б-32	960	3,1	1/309	Б-74	556	0,6	1/927
Б-33	960	1,1	1/872	Б-75	440	0,2	1/2200
Б-34	960	2,2	1/436	Б-76	740	1,9	1/390
Б-35	960	1,6	1/600	Б-77	740	1,8	1/411
Б-36	960	2,1	1/457	Б-78	740	1,2	1/617
Б-37	960	1,5	1/640	Б-79	740	2,3	1/321
Б-38	960	1,6	1/600	Б-80	740	2,8	1/264
Б-39	960	1,5	1/640	Б-81	740	2,4	1/308
Б-40	960	1,1	1/872	Б-82	346	0,2	1/1730
Б-41	960	3,6	1/266	Б-83	346	0,2	1/1730
Б-42	960	3,5	1/274	Б-84	346	0,2	1/1730

На першому етапі досліджень потрібно було скласти варіаційний ряд показників деформативності вражених несучих металевих балок. В основу показників цих балок покладена величина прогинів балок та їхня кількість. Значення допустимого терміну експлуатації прийнято 60 років. В таблиці 2 приведені основні вихідні дані для розрахунку термінів безпечної експлуатації металевих балок, що зазнали високотемпературного впливу.

Термін несучої спроможності пошкоджених балок визначався за формулою:

$$T_p = (1 - e^{-an}) \cdot \left(1 - \frac{f_\phi}{\beta f_{max} + f_\phi} \right) \cdot 60; \quad (1)$$

де :

- T_p – розрахунковий термін безпечної експлуатації балок;
- n – кількість балок з фактичним прогином f_ϕ ;
- f_ϕ, f_{max} – фактичний та максимальний прогини балок заданої довжини;

α та β – коригуючі коефіцієнти, які залежать від рівня відповідальності будівлі;

$$\alpha = 0,1 \div 0,8; \beta = 0,5 \div 1.$$

60- розрахунковий термін експлуатації перекриття.

Для складання варіаційного ряду показників деформативності несучих металевих балок $\alpha=0,4$; $\beta=0,75$.

Щоб визначити значення залишкового $\gamma\%$ -ресурсу скористаємось формулою:

$$\gamma\% = \frac{N - N_j + 1}{N + 1} \times 100; \quad (2)$$

де:

- N – кількість параметрів варіаційного ряду;
- N_j – порядковий номер розрахунку терміну експлуатації.

Користуючись формулою (2) при $N=13$, отримуємо значення $\gamma_j\%$ та відповідні величини термінів експлуатації T_p (табл.2,3).

Таблиця 2

Визначення розрахункового терміну експлуатації T_p несучих балок перекриття $l=940-960$ см для складання варіаційного ряду $\gamma\%$ - ресурсу

№ з/п	Розмір прогинів в межах, см	Кількість балок n	$1 - e^{-0,4n}$	$1 - \frac{f_\phi}{0,75 f_{max} + f_\phi}$	f_ϕ	f_{max}	Плановий термін, роки	Розрахунковий термін, роки
1	0,0-0,6	1	0,323	0,948	0,6	14,5	60	18,7
2	1-1,1	9	0,972	0,908	1,1	14,5	60	53
3	1,2-1,3	6	0,909	0,893	1,3	14,5	60	48,7
4	1,5-1,6	10	0,983	0,872	1,6	14,5	60	51,3
5	2,0-2,1	4	0,798	0,838	2,1	14,5	60	40,1
6	2,2-2,5	5	0,864	0,813	2,5	14,5	60	42,2
7	2,6-2,7	4	0,798	0,801	2,7	14,5	60	38,4
8	3,1-3,2	5	0,864	0,773	3,2	14,5	60	40,1
9	3,5-3,6	3	0,699	0,751	3,6	14,5	60	31,5
10	4,0-4,5	2	0,551	0,707	4,5	14,5	60	23,4
11	5,0-5,2	2	0,551	0,676	5,2	14,5	60	22,4
12	8,0-8,0	1	0,33	0,576	8	14,5	60	11,4
13	14,1-14,5	2	0,551	0,429	14,5	14,5	60	14,2

Таблиця 3

Значення термінів експлуатації та $\gamma\%$ - ресурсу

x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$\gamma\%$	93	86	79	71	64	57	50	43	36	29	21	14	7
T_p	11,4	14,2	18,7	22,4	23,4	31,5	38,4	40,1	40,1	42,2	48,7	51,3	53

Для побудови лінії спадання ресурсу необхідно знайти значення терміну зміщення $T_{зм}$, що відповідає 100% γ - ресурсу, за формулою

$$T_{зм} = x_1 - \frac{x_3 - x_1}{2}; \quad (3)$$

де:

X_1, X_3 – відповідні значення розрахункових показників T_p .

$$T_{зм} = 11,4 - \frac{18,7 - 11,4}{2} = 7,75 = 7,8 \text{ років.}$$

На рис.5 приведений графік лінії спадання $\gamma\%$ -ресурсу несучих металевих балок в залежності від їхнього прогину та загальної кількості для даного

прогину. Користуючись цим графіком, можна визначити ймовірну надійність експлуатації існуючих балок без їх підсилення або демонтуювання. Для $\gamma\%$ -ресурсу в 75%, термін надійності експлуатації складає тільки 21-22 роки.

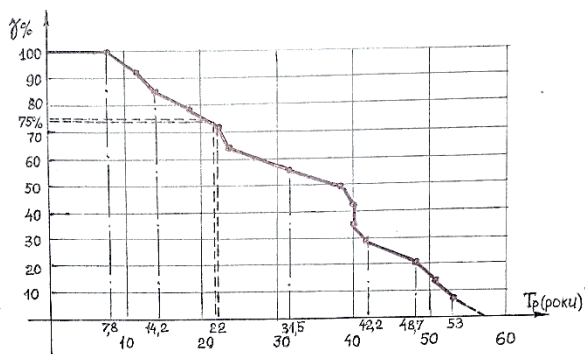


Рис.5 Графік лінії спадання $\gamma\%$ -ресурсу для металевих балок перекриття горища

Такий термін недостатній для довготривалого періоду експлуатації будівлі, тому для продовження надійного терміну експлуатації горищного перекриття були запропоновані схеми підсилення балок з величинами прогинів від 2 до 5 см. В якості елементів підсилення рекомендується приварити до верхньої та нижньої полиць двотаврових балок сталюну полосу перерізом 8×100 мм на довжині усього прогону балок.

Балки з критичними прогинами (більше 7,0 см) рекомендовано або демонтувати і замінити на інші, або вирівняти за рахунок верхнього накладеного двотавра №30, який болтовими шпильками притягується до пошкодженого двотавра, а потім з'єднується з ним за допомогою електрозварювання внутрішніх пластин з кроком 800-1000 мм.

Таким чином, виконаний розрахунок $\gamma\%$ -ресурсу балок дозволив оцінити резерв несучої здатності усього перекриття і забезпечити його надійну експлуатацію в майбутньому з терміном в 50-60 років.

Висновки

Проведені дослідження сталезалізобетонного горищного перекриття показали, що при інтенсивному розвитку пожежі з температурою біля 700°C на площі понад 1600 м^2 не всі металеві конструкції виходять із ладу. Частина їх зберігає несучу спроможність. Оцінювання залишкового ресурсу може проводитись шляхом визначення $\gamma\%$ -ресурсу. Для цього будується варіаційний ряд показників тривалості експлуатації несучих елементів металевих балок, виходячи з їхньої деформативності (прогинів) та кількісного складу.

На цій основі будується графік складання $\gamma\%$ -ресурсу, що дозволяє прогнозувати надійність подальшої експлуатації сталезалізобетонного

перекриття. Так, при 75% гарантійному значенні ресурсу несучої здатності перекриття тривалість його експлуатації може складати до 22 років. Балки з критичними прогинами рекомендується підсилити накладними пластинами по полицям, деякі балки треба замінити на нові.

Література

1. Статистика пожеж згідно УкрНДЦЗ [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://undicz.dns.gov.ua/ua/STATISTIKA-POZHEZH.html>.
2. Сошинський, О.І. Формування методики градування діапазону спрацювання пожежних сповіщувачів [Текст] / О.І. Сошинський // Комунальне господарство міст: наук.-техн. зб.-ХНУГХ: технічні науки та архітектура, 2019.-Вип. 5 - с107-112.
3. ДБН В.1.2-14:2018 Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд [Текст].-Дійсний з 01.01.2019.-Мінрегіонбуд та ЖКГ України.-Київ,2018.-30с.
4. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 Настанова щодо обстежень будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану [Текст].-Дійсний з 1.04.2017.-ДП УкрНДНЦ.-Київ,2017.С43.
5. ДСТУ Б В.2.6-210:2016 Обстеження та оцінювання технічного стану сталевих конструкцій [Текст].-Дійсний з 1.01.2018.- ДП УкрНДНЦ.-Київ,2017.
6. Хаматов, Р.Р. Повреждения строительных конструкций при пожарах [Текст] / Хаматов Р.Р., Ситор Р.С., Иванов Ю.П. // Международный научный журнал «Инновационная наука».-№10.-2015. с123-125.
7. Зайцев, А.М. Расчёт огнестойкости элементов строительных конструкций [Текст] / Зайцев А.М., Крикунов Г.Н., Яковлев А.Н.- Воронеж: ВГУ.-1982. С118.
8. Зайцев, А.М. Анализ возможности эксплуатации железобетонных ферм после пожара [Текст] / Зайцев А.М., Никулин А.В.- Сб Пожарная безопасность зданий, сооружений, территорий.- Воронеж. - 2004 с28-31.
9. СП 329.1325800.2017. Здания и сооружения [Текст] Правила обследования после пожара. Дата действия 1.01.2019.-Москва, 2017, 139с.
10. ГОСТ 535-2005 [Текст] Прокат сортовой и фасонный из стали углеродистой обыкновенного качества. Общие технические условия.- Москва-2005.-121с.
11. Касарёв, Е.В. Защита от последствий пожара. Декларированная функция или обязанность государства. [Текст] / Е.В. Касарёв // Сб: Пожаровзрывоопасность.- том.16, №5.-2007. – С. 16-22.
12. Поздеев, С.В. Математическое моделирование поведения железобетонной балки во время пожара при помощи метода конечных элементов [Текст] / Поздеев С.В., Тищенко Н.Ю. // Сб: Пожаровзрывоопасность.- том 19, №1. - 2010. - С117-125.
13. Синячкин, А.М. Технология восстановления несущей способности зданий, поврежденных пожаром. [Текст]/ А.М. Синячкин - Реферат.- Липецк.-2014. С 55.
14. Определение показателей долговечности технического объекта. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://mehanic-ua.ru/zadachi/1151-opredelenie-pokazatelej-dogovechnosti-tekhnicheskogo-objekta.-2015>.
15. Карепов, В.А. Надежность горных машин и оборудования [Текст]: учебное пособие / В.А. Карепов,

Е.В. Безверхая, В.Т. Чесноков,- Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012 - 134с.

References

1. Fire statistics according to UkrNIDIC. (n.d.) Retrieved from <https://undicz.dsns.gov.ua/en/STATISTICS-POZHEZH.html>.
2. Soshinsky, OI (2019) Formation of the field of fire detector grading methods. *Municipal economy of cities/ Engineering Sciences and Architecture*, 5, 151, 107-112.
3. DBN B.1.2-14: 2018 General principles of ensuring the reliability and structural safety of buildings and structures. (2018) Valid from 01.01.2019.-Minregionstroy and housing and communal services of Ukraine.-Kyiv, 30.
4. DSTU-N B B.1.2-18: 2016 Instruction on inspection of buildings and structures for the determination and assessment of their technical condition (n.d.)
5. DSTU B B.2.6-210: 2016 Inspection and evaluation of the technical condition of steel structures (n.d.) Valid from 01/01/2018.
6. Hamatov, R.R., Sitor, RS, Ivanov, Yu.P. (2015) Damage to building structures during fires. *International scientific journal "Innovative Science"*, 10, 123-125.
7. Zaitsev, A.M., Krikunov, GN, Yakovlev, AN (1982) Calculation of fire resistance of elements of building structures - Voronezh: VGU, 118.
8. Zaitsev, A.M., Nikulin AV (2004) Analysis of the possibility of exploitation of reinforced concrete farms after a fire. *Sat oFire safety of buildings, structures, territories.- Voronezh*, 28-31.
9. SP 329.1325800.2017. Buildings and structures (2017) Post-fire inspection rules. Date of validity 1.01.2019.- Moscow, 139.
10. GOST 535-2005 High-quality and shaped carbon steel of ordinary quality. (2005) General specifications.- Moscow, 121.
11. Kasarev, EV (2007) Protection against the effects of fire. The declared function or duty of the state. *Sat: Fire Explosion*, 16, 5, 16-22.
12. Pozdeev, SV, Tishchenko, N.Yu. (2010) Mathematical modeling of the behavior of reinforced concrete beam during fire using the finite element method. *Sat: Fire explosion*, 117-125.
13. Sinyachkin, AM (2014) Technology of restoring the load-bearing capacity of buildings damaged by fire. Abstract.- Lipetsk, 55.
14. Determination of the durability of the technical object. Retrieved from <https://mehaniik-ua.ru/zadachi/1151-opredelenie-pokazatelej-doeogovechnosti-tekhnicheskogo-objekta.-2015>.
15. Karepov, VA, Bezverkha, EV, Chesnokov, VT (2012) Reliability of mining machines and equipment: a manual. Krasnoyarsk: Sib. the federation. Univ., 134.

Рецензент: д-р техн. наук., проф. В.С. Шмуклер, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Харків, Україна.

Автор: ШАПОВАЛОВ Олександр Микитович
доцент кафедри будівельних конструкцій
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail - ashapovnik@gmail.com

Автор: ЖИЛЯКОВ Валерій Яковлевич
доцент кафедри будівельних конструкцій
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail - valeriy_steel@ukr.net

Автор: ПИЛИПЕНКО Анастасія Вікторівна
магістр кафедри будівельних конструкцій
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail - pylypenko.nast@gmail.com

USE OF RESIDUAL LIFE OF REINFORCED CONCRETE FLOOR AFTER FIRE

O. Shapovalov, V. Zhilyakov, A. Pylypenko

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

The article discusses the rational use of steel-reinforced concrete structures that have experienced exposure to high temperatures after a fire. The existing practice of restoring metal structures after a fire is based, as a rule, either on their replacement, or on comprehensive reinforcement. In this case, a detailed analysis of the technical condition of individual parts of the building as a whole, but only of individual elements with an assessment of the degree of damage and the possibility of further use, is not performed. The study allows you to evaluate structures from the point of view of the prospects for their use not by separate elements, but by the entire volume of a specific entire section of the building (floor, walls, frame, etc.). The reinforced concrete monolithic attic floor of the administrative building of 1938, which was exposed to high temperatures from a fire, is considered as the initial construct. The temperature of the fire reached 700 ° C. The total area of fire exposure was 1680 m². As a result, some of the load-bearing metal I-beams received significant deflections reaching 14 cm at a span of 96 m, and some of the beams bent only within 1-3 cm. An analysis of the strength parameters of the beams after the fire showed that their yield strength decreased only by 5-7 % To assess the possibility of further reliable use of the entire floor (the reinforced concrete floor between the metal beams was not damaged), we calculated $\gamma\%$ - a resource according to the theory of reliability with the task of the variational series of defects of the bearing beams and their possible service life. Based on the calculation, it was possible to establish that with a 75% gamma resource, the floor can be reliably operated for 25 years, while replacing a damaged floor is impractical. It was recommended to replace only 4 of the 54 beams, which significantly reduced the total cost of restoring the floor. Using the gamma resource parameter significantly increases the determination of the reliability and durability of the considered parts of the building when analyzing various adverse effects on these parts.

Keywords: residual $\gamma\%$ - resource, reinforced concrete, fire, bearing capacity, impact of fire, strength of structures.